

INTRUSI AIR LAUT TERHADAP KUALITAS AIR TANAH DANGKAL DI KOTA SURABAYA

Rendi Novi Indriastoni

Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Dra. Indiah Kustini, MT.

Dosen Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

ABSTRAK

Perkembangan kota Surabaya di bidang industri, perusahaan, maupun perdagangan berakibat meningkatnya kebutuhan air yang hingga saat ini masih mengandalkan adanya air tanah. Kebutuhan air tanah yang terus meningkat, juga mendesak masyarakat untuk terus mengusahakan ketersediannya namun belum menjamin kualitasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air tanah dangkal yang berjarak 4 Km dan 6 Km dari pantai Kota Surabaya akibat intrusi air laut.

Pengambilan sampel air tanah sebanyak 1500 ml dan dilakukan pengujian kualitas air di Laboratorium Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Kandungan kimia dalam air yang diteliti diantaranya Daya Hantar Listrik (DHL), Derajat Keasaman (pH), Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), Kesadahan Total (CaCO₃).

Berdasarkan hasil pengujian air tanah dangkal menunjukkan intrusi air laut belum masuk ke daratan sejauh 4 Km dan 6 Km, namun perlu diwaspadai juga karena semua lokasi air tanah dangkal memiliki kandungan Daya Hantar Listrik mendekati batas maksimal yang ditentukan. Tingginya nilai kadar kandungan semua parameter juga membuat kualitas air tanah dangkal di semua lokasi dapat dikatakan buruk..

Kata Kunci : Intrusi Air Laut, Kualitas Air.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan kota Surabaya di bidang industri, perusahaan, maupun perdagangan berakibat meningkatnya kebutuhan air bersih yang hingga saat ini masih mengandalkan adanya air tanah. Kebutuhan air tanah yang terus meningkat, mendesak masyarakat untuk terus mengusahakan ketersediannya, sehingga menyebabkan pengambilan air tanah semakin meningkat. Meningkatnya pengambilan air tanah yang tidak terkontrol di sekitar pantai menyebabkan masuknya air laut ke daratan yang disebut intrusi air laut.

PDAM Surabaya merupakan perusahaan jasa pemerintah penyedia layanan air yang mendistribusikan air bersih bagi masyarakat umum. Ketidakseimbangan yang terjadi antara perbandingan jumlah penduduk dan persentase pelayanan PDAM juga merupakan suatu masalah bagi masyarakat. Jumlah penduduk Surabaya pada tahun 2013 adalah 3.181.325 jiwa, dengan tingkat

pertumbuhan 1.6 % per tahun (Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Surabaya, 2013). Wilayah cakupan layanan PDAM Kota Surabaya 501.000 Sambungan Rumah (SR) dengan wilayah cakupan layanan distribusi seluas 88,94 %, jadi masih ada 11,06% yang memanfaatkan air tanah dangkal. Tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi setiap tahunnya membuat ketidakseimbangan dalam penggunaan air PDAM. (PDAM Surabaya 2013). Ketidakseimbangan penggunaan air PDAM membuat masyarakat memanfaatkan air sumur yang belum terjamin kualitasnya.

Banyaknya sebagian masyarakat yang masih memanfaatkan air tanah untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari khususnya yang belum menggunakan PDAM, maka harus dipastikan bebas dari pengaruh air laut. Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "Intrusi Air Laut Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal Dari Pantai Kota Surabaya".

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil

adalah bagaimanakah kualitas air tanah dangkal akibat intrusi air laut dari tepi pantai Surabaya?

B. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah Mengetahui kualitas air tanah dangkal akibat intrusi air laut dari tepi pantai Surabaya.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan masukan kepada pemerintah daerah dalam hal kelayakan kualitas air tanah dangkal. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang standar kualitas air tanah dangkal didaerah lokasi sampel penelitian.

D. Batasan Masalah

Agar memudahkan analisis dan pembahasan masalah, maka peneliti membatasi ruang lingkup permasalahan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada radius 4 km dan 6 km dari pantai Surabaya yaitu selat Madura.
2. Sampel diambil 2 titik dari masing-masing 5 penampang yang ditarik garis tegak lurus dari tepi pantai Surabaya.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Air tanah dangkal

Air tanah merupakan sumber air tawar terbesar di planet bumi, mencakup kira-kira 24% dari total air tawar atau 10,5 juta km³. Akhir-akhir ini pemanfaatan air tanah meningkat dengan cepat, bahkan di beberapa tempat tingkat eksploitasinya susah sampai tingkat yang membahayakan. Air tanah biasanya diambil, baik untuk sumber air bersih maupun untuk irigasi, melalui sumur terbuka sumur tabling, spring atau sumur horisontal.

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Disebut sebagai air tanah dangkal jika kedalaman maksimal mencapai 15 meter (Sutrisno, 2002).

B. Air Tanah

Air laut adalah air murni yang didalamnya terlarut berbagai zat padat dan gas. Air laut

mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl 3%. (Sutrisno, 2002). Air tanah yang terintrusi air laut akan menjadi asin dan tidak layak dikonsumsi. Air laut tidak hanya memiliki kandungan NaCl terlarut, tetapi juga mengandung kation dan anion yang cukup tinggi.

Intrusi air laut adalah masuknya air laut ke arah daratan. Intrusi air laut diakibatkan tekanan air tanah yang lebih kecil dibandingkan tekanan air laut pada kedalaman yang sama. Perbedaan tekanan ini menyebabkan batas antara air tanah dan air laut naik ke daratan. Pengambilan air tanah yang tidak teratur menyebabkan berubahnya kualitas air tanah yang disebabkan oleh penyusutan air laut.

C. Pengaruh Intrusi air laut

Menurut Hendrayana (2002), dampak negatif terhadap kuantitas maupun kualitas air tanah, antara lain penurunan muka air tanah, serta terjadinya intrusi air laut

1. Dampak intrusi air laut menurut Hendrayana (2002)
 - a) Menyebabkan penurunan muka air bawah tanah yang cukup signifikan.
 - b) Keseimbangan hidrostatis antara air bawah tanah tawar dan air bawah tanah asin di daerah pantai terganggu.
 - c) Amblesan tanah timbul akibat pengambilan air bawah tanah yang berlebihan.
2. Dampak kenaikan muka air laut yang terjadi bila ditinjau dari aspek perumahan menurut Iwan Suprijanto (2003)
 - a) Perumahan yang sekarang ada di dekat pantai tidak memberikan fungsi yang optimal.
 - b) Penurunan tingkat kenyamanan hunian dan kesehatan lingkungan.
 - c) Kenaikan permukaan air laut mengakibatkan kerugian bagi investor yang berinvestasi di kawasan dekat pantai.

1. Daya Hantar Listrik (DHL)

Konduktifitas (Daya Hantar Listrik) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Pengukuran daya hantar listrik bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air. Air tanah dangkal umumnya mempunyai harga 30-2000 $\mu\text{mhos/cm}$.

2. Derajat Keasaman (pH)

pH adalah merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. Dalam air murni yang tidak bersifat asam jumlah ion hidrogennya dan jumlah ion hidroksilnya sama. Jika air kelebihan hidrogen maka air itu bersifat asam dan jika kelebihan ion hidroksil akan bersifat basa.

Pengaruh yang menyangkut aspek kesehatan pada penyimpangan standar kualitas air minum dalam hal pH yakni bahwa pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,2 akan dapat menyebabkan korosi pada pipa-pipa, dan dapat menyebabkan senyawa kimia berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan (Sutrisno, 2002).

3. Klorida (Cl)

Batas maksimal konsentrasi klorida dalam air yang ditetapkan sebagai standar persyaratan oleh Depkes RI adalah 200 mg/l. Konsentrasi klorida dalam air dapat meningkat dengan tiba-tiba dengan adanya kontak dengan air bekas.

Air laut mengandung klorida sekitar 19.300 mg/l, kadar klorida tinggi pada air laut diikuti oleh kadar kalsium dan magnesium yang tinggi dapat meningkatkan korosivitas air. Perairan demikian mengakibatkan terjadinya perkaratan peralatan yang terbuat dari logam. Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, termasuk air minum, pertanian, dan industri, sebaiknya memiliki kadar klorida lebih kecil dari 100 mg/l (Effendi, 2003).

4. Sulfat (SO₄)

Ion sulfat adalah salah satu anion yang banyak terjadi pada air alam. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 batas maksimal yang digunakan manusia untuk konsumsi 400 mg/l. Senyawa sulfat bersifat iritasi pada saluran, apabila dalam bentuk campuran Magnesium atau Natrium pada dosis yang tidak sesuai aturan. Sebagai contoh bentuk Magnesium Sulfat yang biasa ditambahkan ke dalam air minum untuk membantu pengendapan (penjernihan air) setelah penambahan Klorin. (Sutrisno, 2002).

5. Kesadahan Total (CaCO₃)

Kesadahan adalah merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion logam. Kesadahan dalam air sebagian besar berasal dari kontak dengan air tanah dan pembentukan batuan. Pada umumnya kesadahan berasal dari daerah dimana lapis tanah atas tebal dan ada pembentukan batu kapur.

Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion Ca dan Mg secara

bersama-sama. Ketentuan standar dari Departemen Kesehatan Republik Indonesia adalah 500 mg/L (Sutrisno, 2002). Air dengan kesadahan tinggi sukar melarutkan sabun

METODE PENELITIAN

A. Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah pantai Kota Surabaya dengan jarak 4 km dan 6 km dari tepi pantai. Sebagai objek penelitian adalah air tanah dangkal atau air sumur dangkal.

Kriteria yang digunakan untuk memenuhi penilaian kualitas air tanah dangkal yaitu:

- 1) Lokasi air tanah dangkal berada di permukiman.
- 2) Kedalaman muka air tanah.
- 3) Pengukuran kualitas air tanah dangkal meliputi: Daya Hantar Listrik (DHL), Derajat Keasaman (pH), Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), Kesadahan Total (CaCO₃).

Rencana pengambilan sampel penelitian meliputi:

- a. Penampang I dengan daerah lokasi Darmo Permai dan Lidah
- b. Penampang II dengan daerah lokasi Banyu Urip dan Gunungsari
- c. Penampang III dengan daerah lokasi Undaan dan Keputran
- d. Penampang IV dengan daerah lokasi Gubeng dan Kupang
- e. Penampang V dengan daerah lokasi Semolowaru Tenggilis

Kriteria yang digunakan untuk memenuhi penilaian kualitas air tanah dangkal yaitu:

- 4) Lokasi permukiman.
- 5) Kedalaman sumur < 15 m.
- 6) Pengukuran kualitas air tanah dangkal meliputi: DHL, pH, Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), Kesadahan Total (CaCO₃).

B. Penentuan Titik Sampel

Penelitian ini menggunakan teknik sampel *Purposive* karena pengambilan sampel dari populasi dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi itu. Sampel *Purposive* itu sendiri yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013). Penentuan lokasi air tanah dangkal dengan pertimbangan yaitu sumur dangkal berada pada permukiman padat penduduk dan masih digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Sampel air tanah dangkal diambil berdasarkan letak sumur dangkal yang berjarak 4 Km dan 6 Km dari tepi pantai. Dari pantai Surabaya ditentukan 5 titik dengan jarak yang hampir sama dari masing-masing titik ditarik garis tegak lurus garis pantai ke arah daratan.

C. Jenis Penelitian

Penelitian intrusi air laut terhadap kualitas air tanah dangkal di kota Surabaya adalah penelitian deskriptif, karena data penelitian berupa observasi dan wawancara. Penelitian ini merupakan deskriptif, dimana deskriptif adalah memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data sampel yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Sugiyono, 2010).

D. Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Proses pengumpulan data menggunakan metode observasi yang dilakukan secara langsung dengan mengadakan survei terlebih dahulu ke lokasi penelitian yang telah ditentukan, kemudian dilanjutkan dengan mencari informasi berupa data. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel air sumur dangkal dengan melengkapi format atau blangko pengamatan sebagai instrumen (Suharsimi, 2006). Berikut instrumen yang digunakan untuk penelitian air tanah dangkal:

2. Uji Laboratorium

Sampel berupa air tanah dangkal di kota Surabaya yang memiliki jarak 4 Km dan 6 Km dari tepi pantai. Air tanah dangkal yang diambil sebanyak 1500 ml. Hasil pengambilan sampel diuji di laboratorium Teknik Lingkungan Institut Teknologi Surabaya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui parameter kualitas air tanah dangkal, yaitu meliputi: Daya Hantar Listrik (DHL), Derajat Keasaman (pH), Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), Kesadahan Total (CaCO₃).

E. Teknik Analisis Data

Hasil penelitian ini akan dianalisis dengan cara deskriptif. Artinya semua hasil pengukuran diolah kemudian dideskripsikan berdasarkan situasi setempat. Data hasil analisis juga dibuat secara grafik untuk melihat setiap kandungan parameter berdasarkan kandungan parameter kimia air laut dan air tanah pada umumnya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan merupakan deskriptif, dimana deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul. Data yang terkumpul dari pengukuran kualitas air tanah dangkal meliputi: Daya Hantar Listrik (DHL), Derajat Keasaman (pH), Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), Kesadahan Total (CaCO₃) diuji di laboratorium ITS untuk mengetahui jumlah kadar kualitas air pada sampel air tanah dangkal yang diambil, dianalisa dengan analisis non parametrik.

B. Hasil Analisis Parameter

1. Daya Hantar Listrik (DHL)

Analisis *sign test* pada parameter kualitas air yang berupa DHL

Penampang	Titik	Parameter	Hasil Laboratorium	Kadar air laut	Kadar air tanah
I	1	Daya Hantar Listrik (DHL)	1140	35.000 µmhos/cm	1500 µmhos/cm
	2		3650		
II	1		560		
	2		712		
III	1		729		
	2		660		
IV	1		724		
	2		1694		
V	1		1256		
	2		1790		

Data yang ditampilkan tabel 4.11 di atas menunjukkan sampel PI₂, PIV₂, PV₂ melebihi kadar DHL air tanah pada umumnya yaitu 1500 µmhos/cm, sedangkan tujuh titik dari penampang lainnya masih tergolong aman.

2. Derajat Keasaman (pH)

Analisis *sign test* pada parameter kualitas air yang berupa Derajat Keasaman

Penampang	Titik	Parameter	Hasil Laboratorium	Kadar air laut	Kadar air tanah
I	1	Derajat Keasaman (pH)	7,00	< 4	5-9
	2		7,15		
II	1		6,95		
	2		7,00		
III	1		7,05		
	2		7,00		
IV	1		6,90		
	2		6,85		
V	1		7,10		
	2		6,85		

Intrusi air laut terhadap kualitas air tanah dangkal dari pantai kota Surabaya.

Data yang ditampilkan tabel 4.12 di atas menunjukkan kadar pH disemua lokasi netral, karena berada antara kadar pH air tanah yaitu 5-9.

3. Klorida (Cl)

Analisis *sign test* pada parameter kualitas air yang berupa Klorida

Penampang	Titik	Parameter	Hasil Laboratorium	Kadar air laut	Kadar air tanah
I	1	Klorida (Cl)	152	19000 Mg/L	250 Mg/L
	2		512		
II	1		80		
	2		98		
III	1		72		
	2		80		
IV	1		60		
	2		100		
V	1		180		
	2		300		

Data yang ditampilkan tabel 4.13 di atas menunjukkan hanya sampel PI.₂ dan PV.₂ memiliki kadar klorida yang tinggi selebihnya memiliki kadar normal.

4. Sulfat (SO₄)

Analisis *sign test* pada parameter kualitas air yang berupa Derajat Keasaman

Penampang	Titik	Parameter	Hasil Laboratorium	Kadar air laut	Kadar air tanah
I	1	Sulfat (SO ₄)	135,23	2712 Mg/L	400 Mg/L
	2		32,77		
II	1		30,43		
	2		29,9		
III	1		18,62		
	2		29,73		
IV	1		20,73		
	2		41,07		
V	1		36,26		
	2		69		

Data yang ditampilkan tabel 4.14 di atas menunjukkan seluruh lokasi sampel memiliki kadar sulfat normal.

5. Kesadahan Total

Analisis *sign test* pada parameter kualitas air yang berupa Kesadahan Total

Penampang	Titik	Parameter	Hasil Laboratorium	Kadar air laut	Kadar air tanah
I	1	Kesadahan Total (CaCO ₃)	742,86	10000 Mg/L	500 Mg/L
	2		828,57		
II	3		371,43		
	4		285,71		
III	5		400		
	6		342,86		
IV	7		471,43		
	8		700		
V	9		471,43		
	10		635,71		

Data yang ditampilkan tabel 4.13 di atas menunjukkan hanya sampel PI.₁, PI.₂ dan PV.₂ memiliki kadar klorida yang tinggi selebihnya memiliki kadar normal..

C. Pembahasan

Hasil analisa penelitian kandungan Daya Hantar Listrik (DHL) menunjukan belum ada pengaruh intrusi air laut, hal ini ditandai hanya sampel Lidah Wetan II yang melebihi batasan maksimal. Meskipun demikian perlu diwaspadai karena kadar kandungan di beberapa lokasi sampel sudah mendekati batas maksimal. Air tanah dangkal yang melebihi batasan maksimal DHL memiliki kemampuan besar untuk meneruskan aliran listrik, karena banyak garam-garam terlarut yang terionisasi. Garam-garam yang terlarut menyebabkan air tanah dangkal pekat, semakin tinggi DHL maka air tanah dangkal akan semakin pekat (Effendi, 2003:42).

Hasil analisa penelitian menunjukan derajat keasaman (pH) pada semua lokasi air tanah dangkal tidak ada yang melebihi batasan maksimal. Air tanah dangkal di semua lokasi memiliki pH netral.

Hasil analisa penelitian menunjukan kandungan Klorida (Cl) yang melebihi batas terdapat pada Lidah Wetan II dan Jl. Tenggilis Mejoyo I, sehingga tidak dapat digunakan untuk memasak dan MCK. Kandungan Klorida (Cl) yang melebihi batasan maksimal dapat juga meningkatkan (korosivitas) dan mengakibatkan perkaratan peralatan yang terbuat dari logam.

Hasil analisa penelitian menunjukan kandungan Sulfat (SO₄) di semua lokasi tidak ada yang melebihi batasan maksimal. Air tanah dangkal di semua lokasi dapat digunakan untuk dikonsumsi, baik untuk memasak maupun kegiatan MCK.

Hasil analisa penelitian menunjukan kandungan Kesadahan Total (CaCO₃) yang melebihi batasan maksimal terdapat di Simpang Darmo Permai Selatan, Lidah Wetan II, Kupang Segunting 3 dan Jl. Tenggilis Mejoyo I. Air tanah dangkal pada daerah tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan umum, memasak, dan MCK. Kandungan Kesadahan Total pada seluruh sampel perlu diwaspadai karena tergolong tinggi dan mendekati batasan maksimal yang ditentukan. Air tanah dangkal yang memiliki tingkat kesadahan tinggi tidak dapat melarutkan sabun serta menimbulkan ketel pada panci dan perpipaan.

**BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan

Berdasarkan data yang terkumpul dan tes laboratorium kualitas air serta hasil analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Intrusi air laut berpengaruh terhadap kualitas air tanah dangkal. Hal ini terbukti dari beberapa titik lokasi yang memiliki kandungan kimia melebihi kadar maksimal yang ditentukan.
2. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dapat diketahui beberapa sampel yang melebihi kadar maksimal air bersih yaitu kandungan DHL, Cl, CaCO₃ yang menyebabkan air menjadi tercemar sehingga dapat mengganggu kesehatan.
3. Pada lokasi sampel lidah Wetan II, Kupang Segunting 3, Tenggilis I yang berada di jarak 6 km terintrusi air laut sedangkan untuk lokasi sampel yang lainnya sudah sesuai dengan standar air bersih.
4. Pada beberapa sampel yang di ambil pada jarak 4 km sudah memenuhi standar kualitas air bersih akan tetapi di lokasi Simpang Darmo Permai Selatan masih terintrusi air laut. Hal ini dapat di lihat pada tingginya kadungan DHL, Klorida dan Kesadahan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan kepada pemerintah daerah dan permukiman tepat lokasi penelitian agar memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Bagi masyarakat khususnya agar memelihara kondisi lingkungan sekitar permukiman dengan cara tidak mencemari tanah akibat limbah cair.
2. Pada setiap rumah sebaiknya sumur dangkal berada pada ruang tertutup agar air hujan tidak langsung masuk kedalam sumur.
3. Bagi pemerintah sebaiknya melakukan pendistribusian saluran PDAM secara merata sebagai sarana kebutuhan air bersih untuk masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Surabaya, 2013 (<http://dispendukcapil.surabaya.go.id/index.php>, diakses 3 Oktober 2013)
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Yogyakarta.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah Dan Air Tanah*. Bandung : ITB
- Rahma Sari, Della. 2011. *Kajian Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Pada Gedung Perkantoran Di Surabaya*, (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-16088-3307100014-Paper.pdf>, diakses 25 November 2013).
- Sugiyono. 2010. *Metode penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Sunaryo, Tri M. 2007. *Pengelola Sumber Daya Air*. Malang: Bayumedia.
- Sutrisno, Totok. 2002. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tim Penyusun 2006. *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi Universitas Negeri Surabaya*: Unesa University Press
- Winanti, Titiek. 2008. *Konservasi Air Tanah*. Surabaya: Unesa University Press.